n. 4 - L. 12.900 - 6,66 euro

TEORIA
Il condensatore

DIGITALE
Oscillatore con porte NAND
Combinazioni di porte NAND
Cellula di memoria

CONTROLLO
Interruttore a sfioramento

COMPONENTI
Il transistor in commutazione

TECNICA
Polarizzazione di diodi LED

LABORATORIO
Supporto per otto diodi LED

IN REGALO in questo fascicolo:

7 Diodi LED rossi, 5 mm
1 Circuito stampato Ref: VL02/99
2 Viti
40 cm filo nudo di rame stagnato
4 Molle
60 cm cavo grigio

Peruzzo & C.

9 771129 409005

COSTRUISCI CON NOI IL TUO LABORATORIO PER REALIZZARE 100 ESPERIMENTI

NUOVO METODO PRATICO PROGRESSIVO

Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Direttore operativo:
VALENTINO LARGHI
Direttore tecnico:
ATTILIO BUCCHI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP s.a.s.
Pianificazione tecnica:
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1423 dell'12/11/99. Spedizione in abbonamento postale, gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963 Stampa: Europrint s.r.l., Zelo Buon Persico (LO). Distribuzione: SO.DI.P. S.p.a., Cinisello Balsamo (MI).

LABORATORIO DI ELETTRONICA si compone di 52 fascicoli settimanali da collezionare in 2 raccoglitori

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI

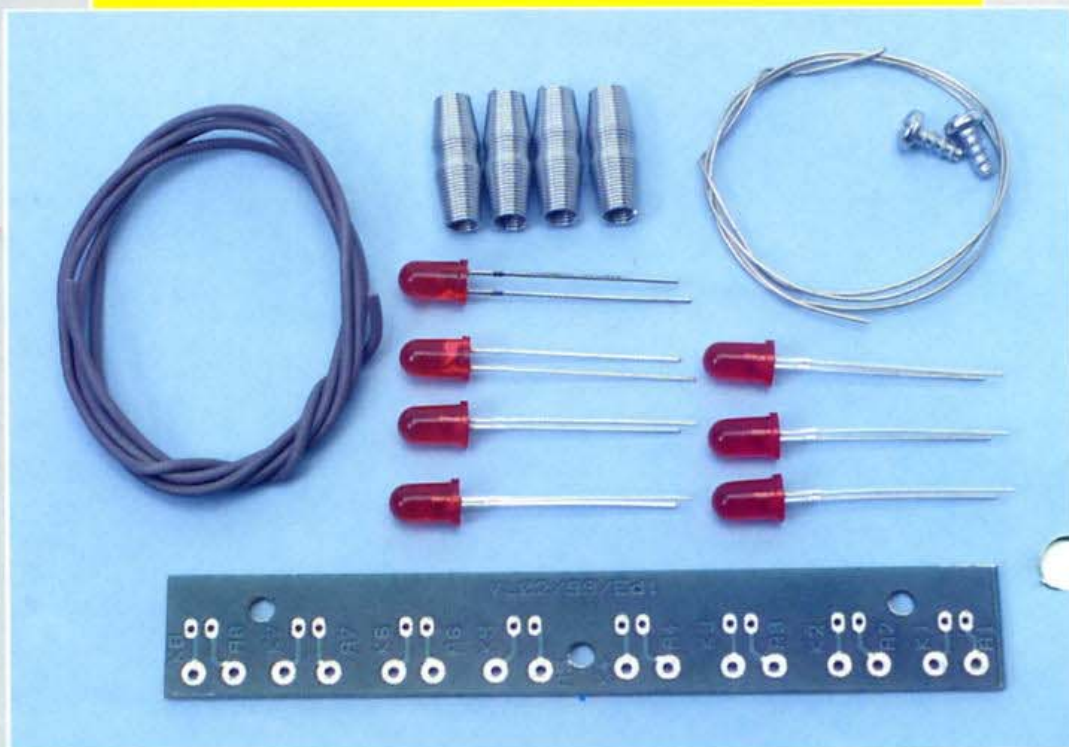
Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione (L. 3.000). Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di L. 50.000 e non superiore a L. 100.000, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a L.11.000. La spesa sarà di L. 17.500 da L. 100.000 a L. 200.000; di L. 22.500 da L. 200.000 a L. 300.000; di L. 27.500 da L.300.000 a L. 400.000; di L. 30.000 da L. 400.000 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di L.1.000, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera.
IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

AVVISO AGLI EDICOLANTI DELLA LOMBARDIA

Si informano gli edicolanti della Lombardia e delle zone limitrofe che, per richieste urgenti di fascicoli e raccoglitori delle nostre opere, possono rivolgersi direttamente al nostro magazzino arretrati, via Cerca 4, località Zoate, Tribiano (MI), previa telefonata al numero 02-90634178 o fax al numero 02-90634194 per accertare la disponibilità del materiale prima del ritiro.

Costruisci il tuo LABORATORIO e pratica subito con L'ELETTRONICA

Controlla i componenti IN REGALO in questo fascicolo

7 Diodi LED rossi, 5 mm	2 Viti	4 Molle
1 Circuito stampato Ref: VL02/99	40 cm filo nudo di rame stagnato	60 cm cavo grigio

In questo numero vengono forniti i componenti per l'installazione di otto diodi LED (di cui uno fornito col n.1) con connessioni indipendenti su un'unica basetta

Il condensatore

Il condensatore accumula energia sulle sue superfici

Il condensatore immagazzina energia elettrica in modo molto veloce, e può anche rilasciarla molto velocemente. La prima cosa che possiamo pensare è che un condensatore sia uguale a una pila, vediamo rapidamente la principale differenza. La pila si carica e scarica molto lentamente, al contrario di quello che succede al condensatore. Questo è dovuto al suo principio di funzionamento, mentre il condensatore si "carica" per effetto dello spostamento di cariche elettriche al suo interno, nella pila deve avvenire una reazione chimica interna.

La capacità è direttamente proporzionale alla superficie delle piastre del condensatore e inversamente proporzionale alla distanza fra entrambe.

Due piastre

Il condensatore più elementare consiste in due piastre di materiale conduttore piane e situate vicine fra loro, ma che non si toccano, separate dall'aria, che non è conduttore. Se applichiamo una tensione continua fra queste piastre, cioè, il polo positivo a una e il polo negativo all'altra, si produrrà una distribuzione di cariche, in modo che gli elettroni della piastra negativa creino un campo negativo sull'altra piastra e gli elettroni della stessa si muovano fino al positivo, generando in questo modo una corrente elettrica. Questa corrente è molto forte quando iniziamo ad applicare la tensione, divenendo molto lenta alla fine, quando il condensatore è caricato completamente. Per questo trasporto di elettroni, che hanno originato la carica del condensatore, abbiamo dovuto applicare una certa energia, che rimarrà immagazzinata, anche se togliamo la tensione che abbiamo utilizzato per produrla. Una volta carico, il condensatore può essere collegato a un amperometro intercalando una resistenza, vedremo così circolazione di corrente, il che dimostra che il condensatore ha immagazzinato una certa quantità di energia.

Un condensatore con dielettrico di poliestere aperto e l'altro ricoperto

Il condensatore piano

Per studiare il condensatore se ne usa uno piano, che consiste in piastre conduttrici uguali e perfettamente piane, situate a distanza ravvicinata, anche se non si toccano. La superficie di ogni piastra si rappresenta con la lettera S e la distanza fra le due con la lettera d. Esiste una formula che stabilisce la proporzionalità fra la capacità, le dimensioni delle piastre e la distanza fra entrambe. La formula è la seguente:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

essendo ε una costante di proporzionalità che dipende dal materiale non conduttore che esiste fra le piastre, che può essere aria, mica, ceramica, carta, plastica, eccetera.

Tensione massima

La tensione massima di utilizzazione di un condensatore dipende dalla vicinanza delle piastre e dal dielettrico che si interpone fra queste. La tensione ap-

plicata fra le piastre si può aumentare fino al punto da produrre un arco elettrico fra entrambe, a questo punto si dice che il condensatore è perforato. Si usa la parola "perforato" perché quello che succede normalmente è la perforazione del dielettrico. La tensione di utilizzazione deve essere abbastanza inferiore a quella di perforazione, perché bisogna disporre di un margine di sicurezza.

Per diminuire le dimensioni del condensatore, si arrotolano in forma di cilindro le due piastre e il dielettrico che le separa. 1 piastra conduttrice metallizzata, 2 dielettrici.

Le dimensioni

Paragoniamo due condensatori della stessa tecnologia, prendiamo ad esempio due condensatori elettrolitici di gran capacità, per esempio 1.000 µF, ma uno di questi progettato per una tensione massima di 25 V e l'altro di 100 V. La prima e quasi unica differenza che osserviamo è la dimensione. Se utilizziamo uno qualsiasi di questi in una parte del circuito in cui la tensione applicata fra i terminali sia, per esempio, di 16 V, potremo scambiarli senza notare alcun cambiamento dal punto di vista del funzionamento del circuito. Però se vogliamo fare la prova, cosa che raccomandiamo di non fare, in una parte del circuito alimentato a 60 V, colleghiamo un condensatore da 25V; può darsi che sopporti questa tensione per brevi istanti, e poi si perfori, pruducendo in alcuni casi anche una piccola esplosione.

La differenza di dimensione è dovuta principalmente alla necessità di separare di più le due piastre. Aumentando lo spessore del dielettrico, si produce un aumento di dimensione, ma all'aumento della distanza diminuisce la capacità, per cui è necessario avere due piastre più grandi in questo tipo di condensatore, aumentando i giri di avvolgimento e lo spessore del dielettrico, il che si traduce in un considerevole aumento di dimensione. Abbiamo fatto l'esempio del condensatore elettrolitico, però questo succede con ogni tipo di condensatore.

Condensatore elettrolitico smontato, si può vedere l'arrotolamento interno.

Condensatori polarizzati

L'utilizzo di condensatori polarizzati esige di stare molto attenti per quanto riguarda il collegamento al circuito. Quando un condensatore si collega in una parte di un circuito, uno dei suoi terminali ha di solito una tensione maggiore dell'altro, ed è proprio a questo terminale che si collegherà il terminale positivo del condensatore. Sarebbe più comodo utilizzare condensatori polarizzati,

Condensatore multistrato. Alcuni fabbricanti usano questa tecnologia per costruire condensatori con dielettrico in plastica. 1 dielettrico, 2 piastre conduttrici.

per esempio elettrolitici in alluminio e di tantalio, che hanno il vantaggio di avere una capacità molto elevata in un volume molto ridotto, il che è impossibile da raggiungere con i condensatori non polarizzati convenzionali. È possibile fabbricare condensatori elettrolitici non polarizzati, ma le loro dimensioni aumentano considerevolmente e in elettronica non sono più usati.

Dielettrico

Il materiale non conduttore che si mette fra le piastre di un condensatore ha il nome di dielettrico. Le caratteristiche del dielettrico definiscono in gran misura quelle del condensatore.

Se il dielettrico è molto resistente alla perforazione, si può aumentare la tensione massima di utilizzo, se è sufficiente con uno spessore molto piccolo si potrà aumentare la capacità. Queste caratteristiche però non sono le uniche di cui dobbiamo tener conto. Una di queste, molto importante, è la variazione della capacità con la temperatura; pensiamo all'accensione elettronica dell'automobile, che deve funzionare a qualunque temperatura fra 70°C e -30°C. Se qualche elemento fondamentale dipende da un valore di capacità, questa non può subire grandi variazioni ai cambi di temperatura. Che cosa penseremmo se la nostra radio perdesse la sintonia con l'aumento della temperatura?

L'economia

Per ragioni di economia si deve usare il condensatore più economico, sempre che sia adatto ai requisiti del circuito. Può capitare che in un circuito si debbano inserire 20 condensatori, ma che solo uno di questi debba avere grande stabilità alla temperatura, mentre per gli altri è ammesso un certo margine. In tal caso, questo condensatore può essere scelto fra uno di mica o ceramico NP0, tuttavia gli altri possono essere elettrolitici o di poliestere di uso corrente. Questi due ultimi tipi, insieme a quelli ceramici, per valori molto bassi di capacità, sono i più economici.

Condensatori di plastica

In questa classifica si trovano moltissimi condensatori con dielettrico di stiroflex, policarbonato, teflon, poliestere eccetera. Vengono sviluppate continuamente nuove tecnologie che danno impulso alla fabbricazione di un modello o di un altro. Fra qualche anno i

I condensatori ceramici consistono in un pezzo di ceramica metallizzata su entrambe le facce.

condensatori di stiroflex si utilizzeranno molto diffusamente in circuiti di alta frequenza.

La capacità di vari condensatori collegati in parallelo è la somma delle capacità degli stessi

Condensatori di mica

Hanno un prezzo elevato, un buon comportamento in alta frequenza, sono molto stabili in capacità; qualche anno fa non potevano negli stadi a radiofrequenza e sono tutt'ora utilizzati. La loro tensione di rottura è molto elevata; si usano anche come protezione alle alte tensioni.

Condensatori di ceramica

Comprendono una grande varietà di tipi e forse sono quelli che si sono sviluppati maggiormente. Questi condensatori sopportano tensioni elevate, hanno una dimensione molto ridotta. Bisogna dar risalto ai modelli NPO, cioè di coefficiente di temperatura zero, vale a dire che la loro capacità varia con minimi incrementi di temperatura.

Condensatori variabili a aria

Questi condensatori sono utili per le riparazioni di radiofrequenza, dove si usano di solito quelli chiamati "trimmer", di piccola dimensione, e i condensatori di sintonia dei ricevitori convenzionali. Sono formati da due piastre poste una di fronte all'altra, una di queste è mobile e muovendosi varia la superficie contrapposta fra le piastre e quindi la capacità. Questo tipo di condensatori si utilizza sempre meno, specialmente dalla comparsa dei diodi varicap, che come vedremo più avanti, cambiano la loro capacità interna al variare della corrente che li attraversa.

Capacità in parallelo

Quando si collegano vari condensatori in parallelo, la capacità risultante è uguale alla somma aritmetica delle capacità dei condensatori che formano il gruppo.

Questo tipo di disposizione è abbastanza frequente in condensatori disaccoppiati di alimentazione, dove si combinano vari condensatori per approfittare dei vantaggi degli uni e degli altri. La tensione massima di utilizzazione sarà quella del condensatore che abbia la tensione di lavoro più bassa, anche se, entro il margine di utilizzazione, si possono combinare diversi tipi di condensatori con differenti tensioni di lavoro.

C1 C2 C3 C4

C_T

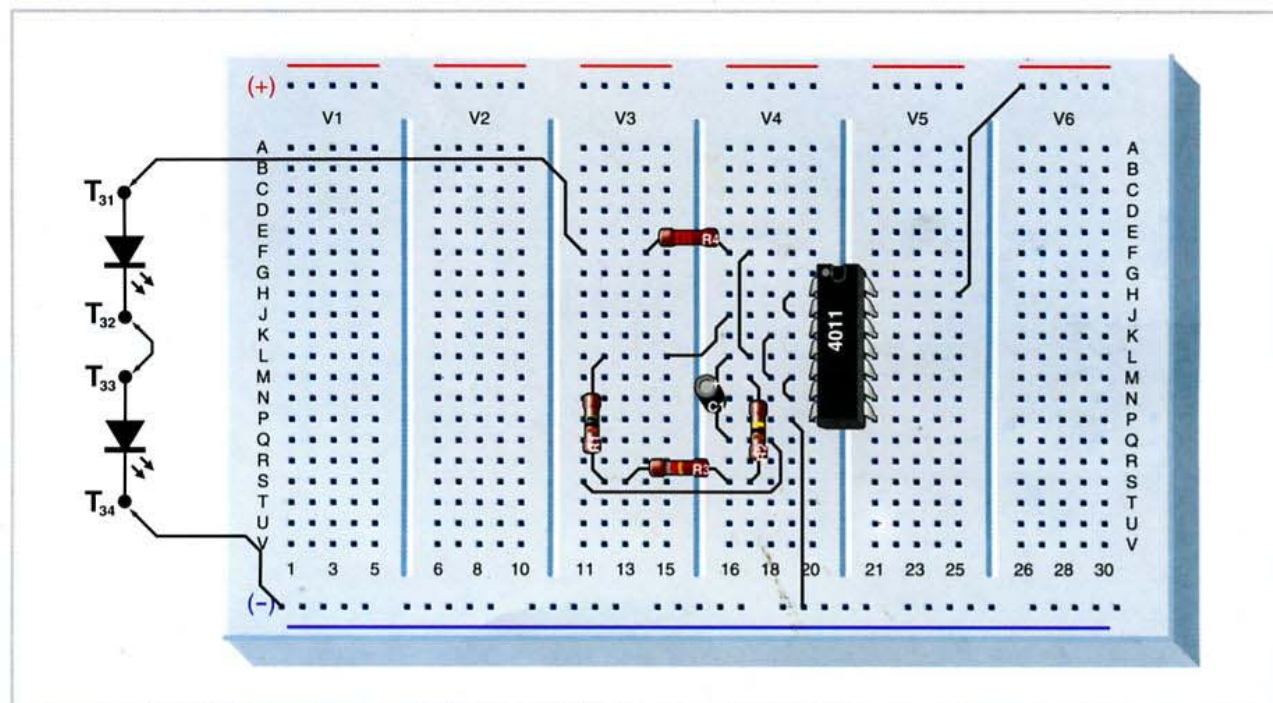
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \frac{1}{C4}$$

Condensatori in serie. L'inverso della capacità totale è uguale alla somma degli inversi delle capacità individuali.

Capacità in serie

È un tipo di collegamento che si usa poco, ma conviene comunque sapere quale risultato offre. Se colleghiamo in serie due condensatori uguali, la capacità del condensatore risultante è la metà di quella di uno di essi. Tuttavia, benché teoricamente sopportino una tensione doppia, non è possibile garantire che la ripartizione di tensione sia la stessa per entrambi i condensatori. Perciò non è raccomandabile usare questo collegamento per ottenere maggiori tensioni di utilizzazione.

Oscillatore con porte NAND

Progettiamo un generatore ad onda quadra con il circuito integrato 4011

Il montaggio sarà molto utile quando avremo bisogno di un oscillatore, un generatore di clock, o un segnale di sincronismo per altri circuiti, soprattutto digitali. All'uscita di questo circuito si ottiene un segnale con un ciclo di lavoro del 50%, che si mantiene cioè a livello alto per lo stesso tempo in cui si mantiene a livello basso.

Si può anche variare il ciclo di lavoro e creare segnali che rimangano per molto tempo a livello alto e molto poco a livello basso, o viceversa. Con segnali di bassa frequenza è possibile vedere il segnale di uscita mediante diodi LED.

La frequenza dipende dai valori della resistenza RC

Funzionamento

Osservando lo schema possiamo verificare il funzionamento del circuito. Il principio di base su cui si regge per cambiare lo stato delle porte da "0" a "1" o viceversa, è la carica o la scarica del condensatore.

La porta di entrata è quella che stabilisce la tensione alla quale si produce il cambio di stato logico. La frequenza del segnale dipende dai valori scelti per la resistenza R2+R3 e per il condensatore C1.

Calcolo della frequenza

La frequenza che si ottiene all'uscita si può calcolare mediante la formula $f=1/(2{,}2x(R2+R3)xC1)$. In questo modo la frequenza d'uscita dipende dal valore di una resistenza e di un condensatore, come in tutti i circuiti oscillatori RC. Possiamo osservare che intervengono solo due delle tre resistenze inserite nel circuito. La terza di queste, R1, è la resistenza che si mette perché il circuito oscilli, con un valore abbastanza alto e, per assicurare un buon funzionamento, deve essere compresa fra 5 e 10 volte il valore di R2+R3, anche se dipendendo dai valori di queste, può funzionare con una relazione minore. Il condensatore è di 22 µF e, anche se non è un valore molto elevato, non si consiglia di usare valori superiori a 100 µF.

Messa in funzione

Per verificare il nostro circuito basterà montare tutti i componenti nel laboratorio e collegarli come indicato nello schema di montaggio, poiché il circuito funzionerà immediatamente quando collegheremo l'alimentazione. Per visualizzare il

Oscillatore con porte NAND

COMPONENTI	
R1	1M
R2	100K
R3	82K
R4	2K2
C1	22 µF
U1	4011
LED7, LED8	

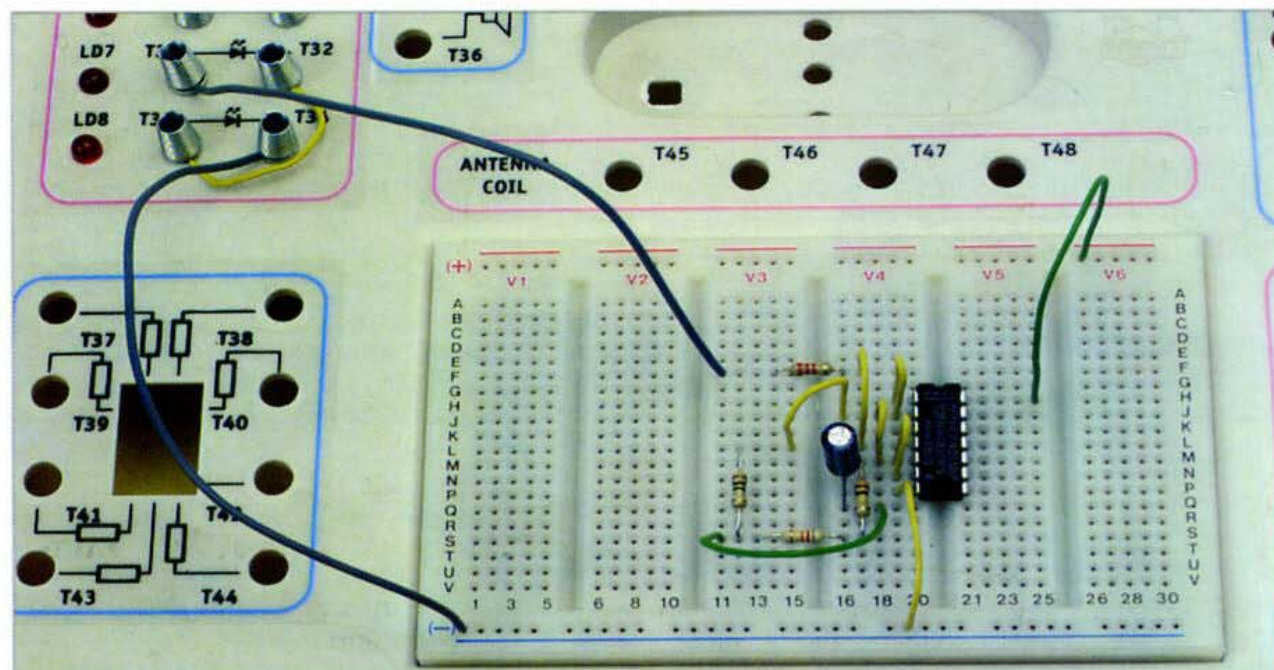
segnale quadrato che c'è nell'uscita, uno e zeri alternati, metteremo due diodi LED che collegheremo direttamente al modulo dei diodi LED del laboratorio. In questo tipo di montaggio è facile dimenticarsi di collegare i terminali di alimentazione del circuito integrato.

Variando la frequenza

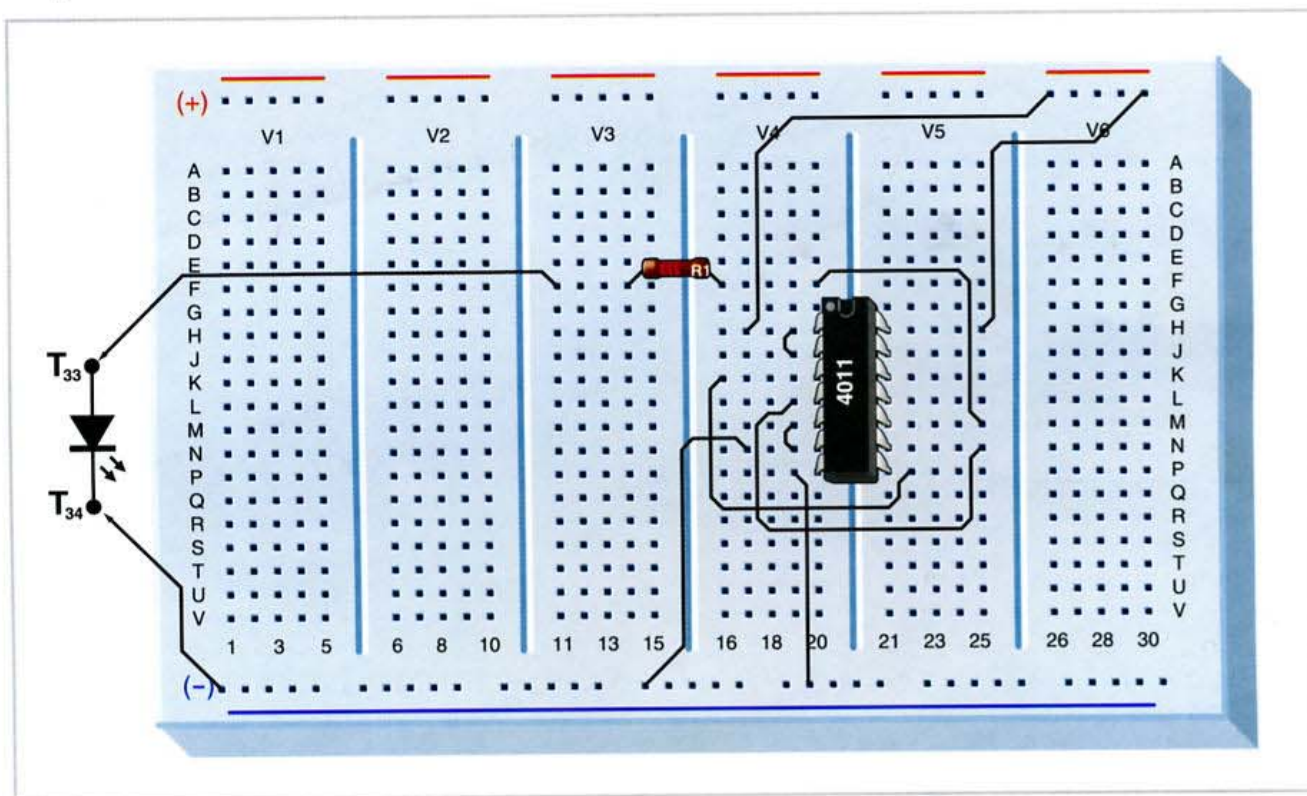
Come abbiamo appena visto, se nella formula della frequenza mettiamo i valori che abbiamo nel circuito, otterremo un segnale di 0,11 Hz, o, il che è lo stesso, un periodo T=1/0.11=8,8s, per cui, tenendo conto che il ciclo di lavoro è del 50%, avremo il diodo acceso e spento ogni 4 secondi.

Possiamo dunque aumentare il tempo in cui i diodi stanno accesi, aumentando la capacità del circuito, il che si fa mettendo in parallelo con C1 un altro condensatore di 2,2 µF.

Possiamo anche fare l'operazione inversa e togliere il condensatore di 22 µF, mettendone uno di 2,2 µF, in modo tale che il diodo lampeggerà così velocemente da non vedersi quando sarà spento.

Come per il condensatore, possiamo variare le resistenze R2 e R3 per verificare l' effetto sulla frequenza. Possiamo anche cambiare R1 con un valore molto basso e vedremo che il circuito non oscilla, perché non commuta.

Oscillatore montato; cambiando R2 o R3 varia la frequenza.

Combinazioni di porte NAND

A partire da porte NAND con due ingressi si possono ottenere altre porte.

Molte volte abbiamo bisogno di una porta di un certo tipo e abbiamo solo porte di un altro tipo, oppure può succedere che non abbiamo tempo di uscire a comprare un nuovo integrato, che non ci sia quello di cui abbiamo bisogno, o semplicemente che possiamo utilizzare porte libere che avanzano nel circuito. In questi casi c'è una soluzione veloce che evita ritardi nella realizzazione dello schema. Inoltre, se il nostro progetto si monta in un circuito stampato è importante ridurre la dimensione e i costi, per questo è di uso comune quando c'è un integrato del quale utilizziamo solo una porta, avendo bisogno di un altro tipo di porta, usare le porte disponibili avanzate per realizzarla, invece di utilizzare un nuovo integrato.

La doppia inversione riporta il segnale nella forma originale

Porta AND

Nel circuito (A) si ottiene una AND a partire da due porte NAND. Per questo dobbiamo solo fare l'operazione essenziale di collegare l'uscita della porta NAND a una porta invertitore realizzata con altra porta NAND. La porta invertitore si ottiene unendo fra loro le due entrate di una porta NAND.

Porta NAND con tre ingressi

Per realizzare una porta NAND a tre ingressi, circuito (B), basta stabilire la funzione che vogliamo rappresentare.

Vediamo che è un prodotto di tre entrate e tutte invertite. Una porta NAND è il prodotto delle sue entrate invertite, pertanto, se in un'entrata ho già un prodotto delle due, nell'altra, la terza, l'uscita sarà direttamente la NAND di tre entrate. Perciò, per realizzare il circuito (B), si può partire solo dall'(A) aggiungendo una porta in più. Il livello nell'uscita si vede collegando un diodo LED e la sua resistenza limitatrice corrispondente, questo circuito di visualizzazione, circuito (E), si utilizza nei quattro esperimenti. Per verificarlo si userà la tavola logica per una porta NAND con tre entrate.

Conversione fra prodotti e somme

Per gli appassionati di matematica spieghiamo brevemente come tutto questo ha un suo ragionamento teorico. La porta NAND è una funzione che moltiplica e inverte, pertanto, qualsiasi fun-

Combinazioni di porte NAND

COMPONENTI
CIRCUITI A,B,C e D
U1 4011
R1 2K2
LED8

NAND 3 ingressi

E1	E2	E3	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

AND

E1	E2	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR

E1	E2	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOR

E1	E2	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

zione desideriamo realizzare, dobbiamo convertirla in prodotti e inversioni. Questo, che può sembrare qualcosa di molto complesso, in realtà è molto semplice, bisogna soltanto applicare la nota regola di Morgan. Con questa potremo passare direttamente da somme a prodotti e viceversa. Questa regola d'oro serve a realizzare i vari modelli di porte a partire da uno solo.

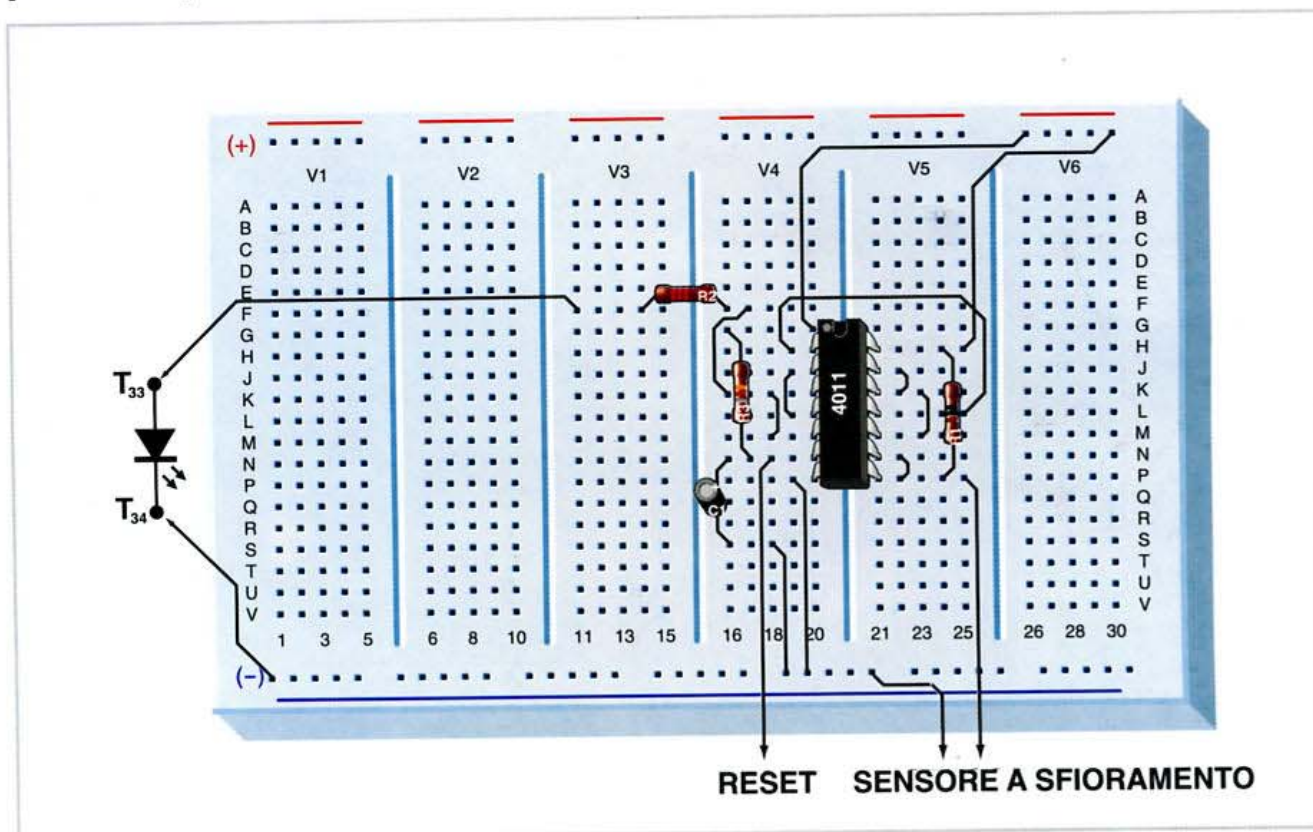
Porte OR e NOR

La costruzione della porta OR, montaggio (C), si ottiene applicando direttamente le due regole che abbiamo visto fino ad ora. Da un lato la doppia inversione, senza per questo far variare la funzione, e dall'altro, la regola di Morgan. Se osserviamo la funzione ottenuta, avremo le due entrate alla funzione NAND invertite. Per verificare la porta introdurremo uno e zeri in ogni entrata e mediante il diodo LED, che collocheremo all'uscita con le sue resistenze di polarizzazione, potremo verificare la tavola. Per fare una porta NOR, montaggio (D), basterà invertire l'uscita della porta OR, che dobbiamo anche provare verificando la tavola e mettendo il montaggio (E) del diodo LED nell'uscita.

Legge di Morgan: converte somme in prodotti e viceversa.

Una espressione matematica negata due volte è uguale a se stessa

Cellula di memoria

Il circuito rappresenta l'unità di memorizzazione più semplice.

Il circuito memorizza nella sua uscita lo stato "1" o "0". Ha due entrate, una chiamata SET che ha l'uscita a livello alto "1", e che si mantiene in questo stato finché si attiva l'altra entrata chiamata "RESET". In realtà il circuito ha due uscite poste nei terminali 3 e 4 del circuito integrato. Le due uscite sono invertite, per cui una ha sempre lo stato logico opposto all'altra. Quello che realmente fa il circuito è memorizzare un impulso, poiché mantiene questo stato anche se il segnale si interrompe.

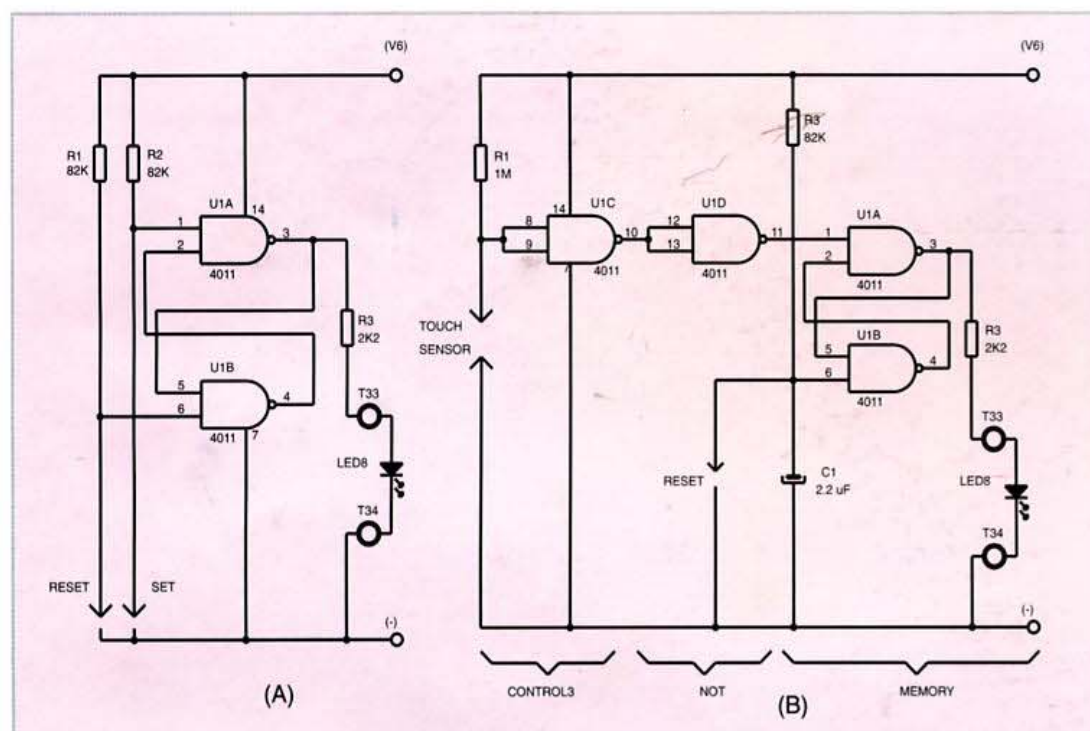
Il circuito, una volta attivato, memorizza lo stato in modo permanente

Cellula semplice

Montiamo adesso il circuito (A), che è la cellula di memoria semplice, potremo così vederne il funzionamento. Inizialmente, collegando l'alimentazione si produce uno stato in cui una delle due uscite è uno e l'altra è zero. Questo lo possiamo vedere nella tavola, cioè, se le due entrate sono a livello alto "1", l'uscita rimarrà com'era prima, ma accendendo l'alimentazione in Q, può uscire un "1" o uno "0", invertito nell'uscita /Q. Ebbene, partendo da questo stato iniziale possiamo verificare con la tavola logica come si susseguiranno uno ad uno tutti gli stati. Se osserviamo la tavola logica vediamo che l'uscita si attiva a "1" quando introduciamo uno zero nell'entrata SET, da qui il nome SET a questa entrata, perché mette a "1" l'uscita. Se guardiamo l'entrata RESET avviene il contrario, cioè, attivandola passa a "0" l'uscita. Anche Q è "0", da qui il suo nome, RESET, poiché cancella l'uscita attiva. Nell'uscita /Q succede giusto il contrario. Un appunto importante da tener presente è che nei circuiti CMOS gli ingressi liberi sono per default a "0".

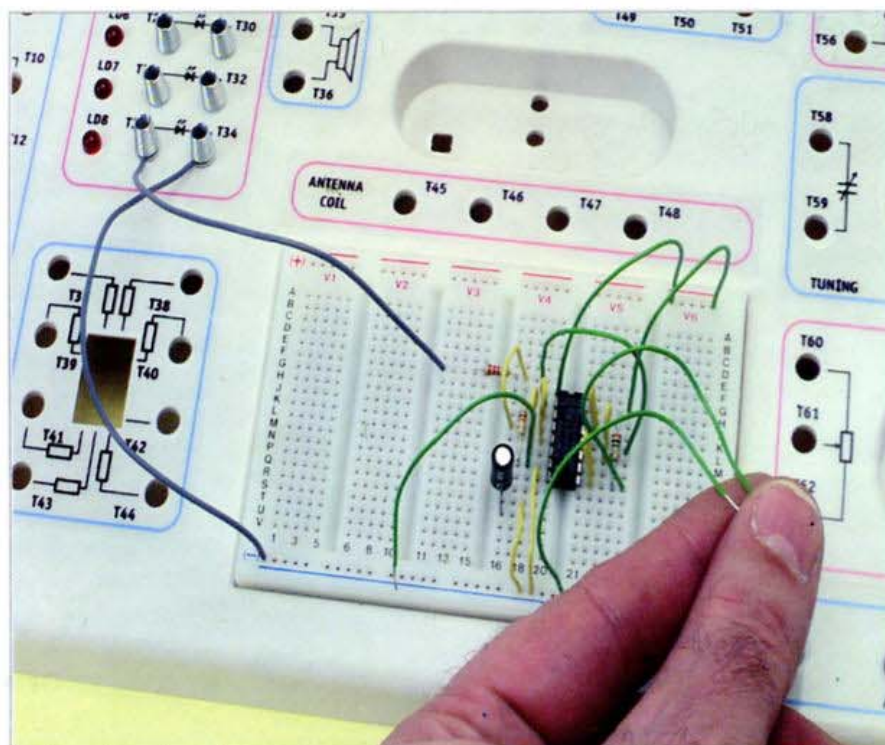
Applicazione pratica

Il nostro montaggio ha molte applicazioni, per esempio collegare all'entrata SET il nostro circuito rivelatore di interruttore a sfioramento (vedere controllo 3), invertendo l'uscita, in modo che quando premiamo ci sia uno "0", che è il modo di attivare il nostro circuito di memoria, e non un

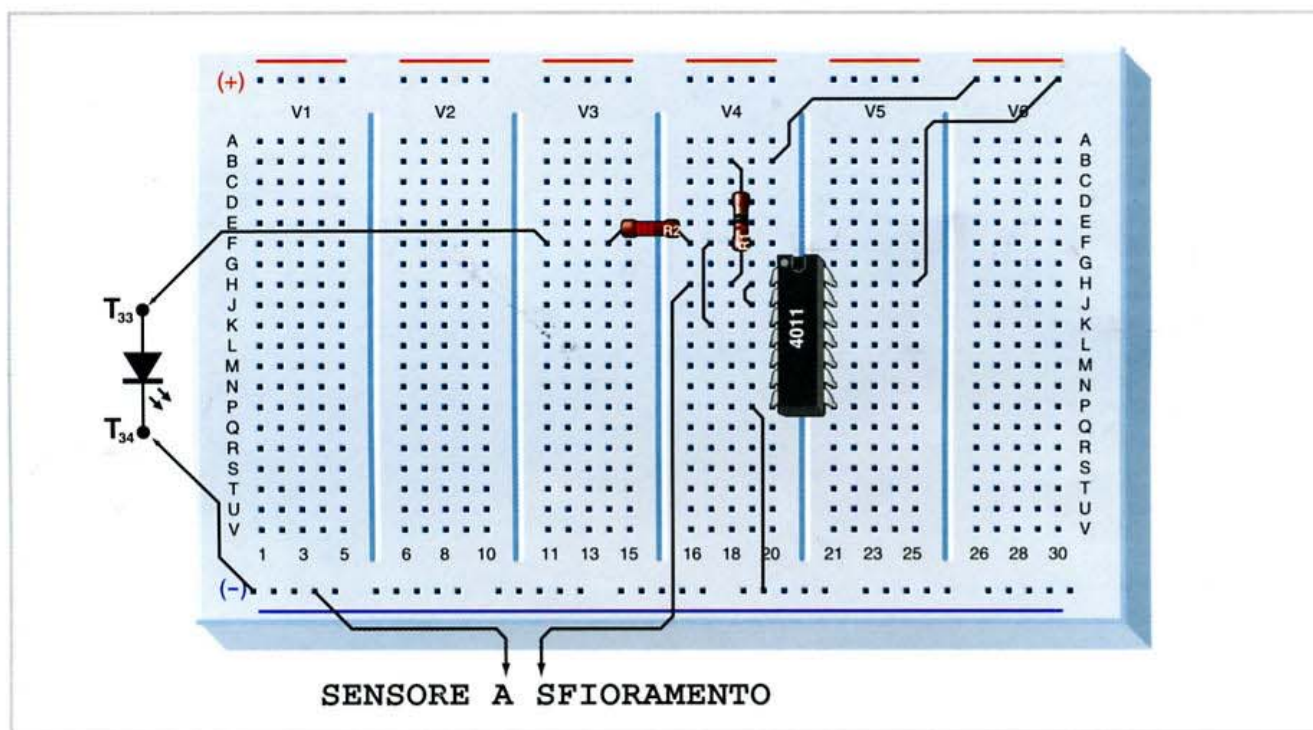
Cellula di memoria

COMPONENTI	
Circuito (A)	
R1,R2	82K
R3	2K2
U1	4011
Circuito (B)	
R1	1M
R2	2K2
R3	82K
C1	2,2 µF
U1	4011

"1" che è quello che ci dava il circuito rivelatore. In questo modo quando premiamo, rimarrà attivato il diodo LED dell'uscita Q. Con questa connessione fra un circuito di rivelazione a sfioramento e un altro di memorizzazione avremo realizzato un completo circuito azionatore. La resistenza in serie con il condensatore farà sì che tutte le volte che colleghiamo l'alimentazione si produca un RESET e che il diodo sia spento dopo il collegamento dell'alimentazione.

Circuito anti-rimbalzi

Questo circuito ha una vasta applicazione come circuito anti-rimbalzi. Quando premiamo un pulsante una sola volta, benché ci possa sembrare che si produca direttamente un cambio di tensione da "0" a "1" o da "1" a "0", non è così e in realtà ci sono molte variazioni dovute ai contatti meccanici del pulsante, questi cambiamenti non desiderati sono chiamati "rimbalzi". Il nostro circuito così come lo abbiamo progettato, controlla il primo cambio di stato logico che avviene all'entrata, ignorando quindi i segnali successivi generati dal rimbalzo provocato dalle lamine che costituiscono i contatti all'interno dell'interuttore. A questo punto avremo un cambio di stato all'uscita, che non sarà ulteriormente influenzato da disturbi o rimbalzi indesiderati.

Circuito di controllo che memorizza la pulsazione del sensore a sfioramento.

Interruttore a sfioramento

Esempio di come un circuito viene attivato con il tatto e il suo sfruttamento pratico.

In questo esperimento si mostrano le possibilità di costruire pulsanti a sfioramento, sia con circuiti analogici sia digitali. Ci possono essere fornite soluzioni valide per disegnare pulsanti a scatto senza contatti metallici, per diversi circuiti di attivazione o disattivazione. Vedremo come possiamo accoppiarli ad altri circuiti, come funzioni di memoria, per realizzare circuiti di attivazione o disattivazione completi.

In entrambi i casi il circuito attiva un diodo LED che si attiva toccando con il dito i contatti, per cui l'abbiamo chiamato interruttore a sfioramento. I due contatti sono chiusi attraverso la nostra pelle con un passaggio di corrente di qualche microAmpere.

Interruttore digitale

Lo schema del circuito è l'(A). Prima di cominciare la descrizione ricorderemo che la corrente di entrata di questo tipo di porte è molto ridotta. Quando non viene azionato l'interruttore a sfioramento, in stato normale di riposo, il diodo LED è spento, poiché appena non circola corrente, la tensione all'entrata della porta è quella di alimentazione (V6) e poiché la porta è invertita, ci sarà uno "0" in uscita.

La pelle conduce l'elettricità

Quando tocchiamo con un dito, a causa della sua elevata impedenza d'entrata, la porta lo rileva.L'influenza data dall'umidità della pelle chiuderà il circuito, per questo metteremo l'entrata a una tensione prossima allo zero ottenendo lo stato logico "0", pertanto l'uscita passerà immediatamente a "1" e il diodo LED si illuminerà.

I contatti

I contatti sono di solito dei pezzi di metallo, ma per realizzare l'esperimento è sufficiente avere due cavi, con una zona sprovvista di rivestimento e disposti a distanza ravvicinata, in modo che il polpastrello possa chiuderli entrambi quando li premiamo. La connessione del diodo LED avviene ai terminali T33 (anodo) e T34 (catodo), LD8. Quest'ultimo si unirà direttamente al negativo di alimentazione della piastra di prototipi, segnato (-). Questo circuito, intercalando un'altra porta NAND collegata come invertitore, si può utilizzare con la cellula di memoria (vedere digitale) e realizzare un completo sistema di comando.

Interruttore con transistor

Il circuito analogico corrisponde allo schema (B). In questo caso sfruttiamo la stessa proprietà ma

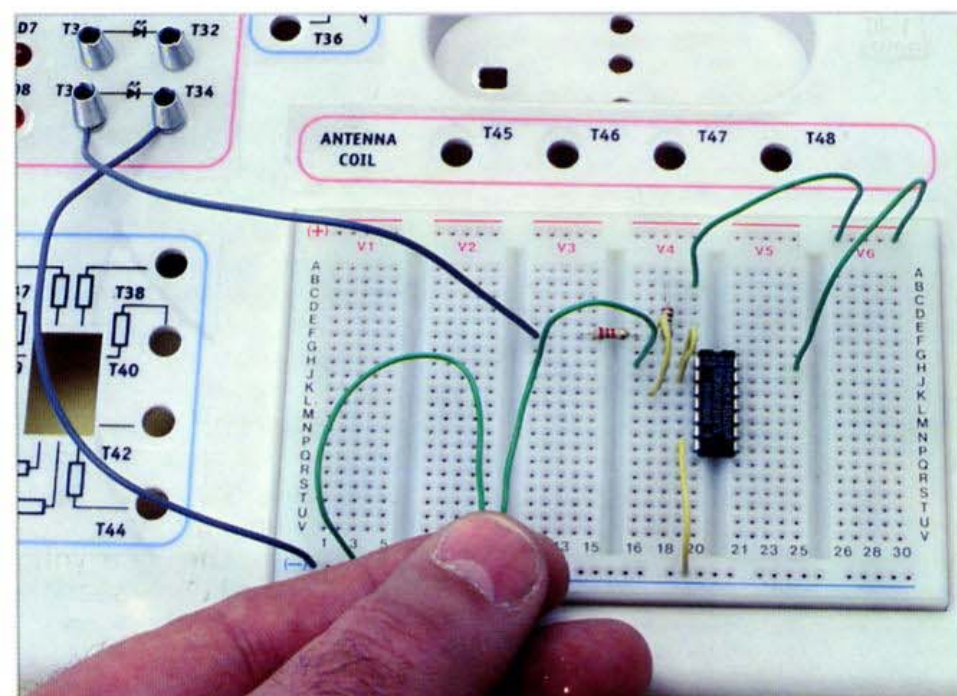
Interruttore a sfioramento

COMPONENTI	
Circuito A:	**Circuito B:**
R1	**R1**
1M	**100K**
R2	**R2**
2K2	**2K2**
U1	**Q1**
4011	**BC548**

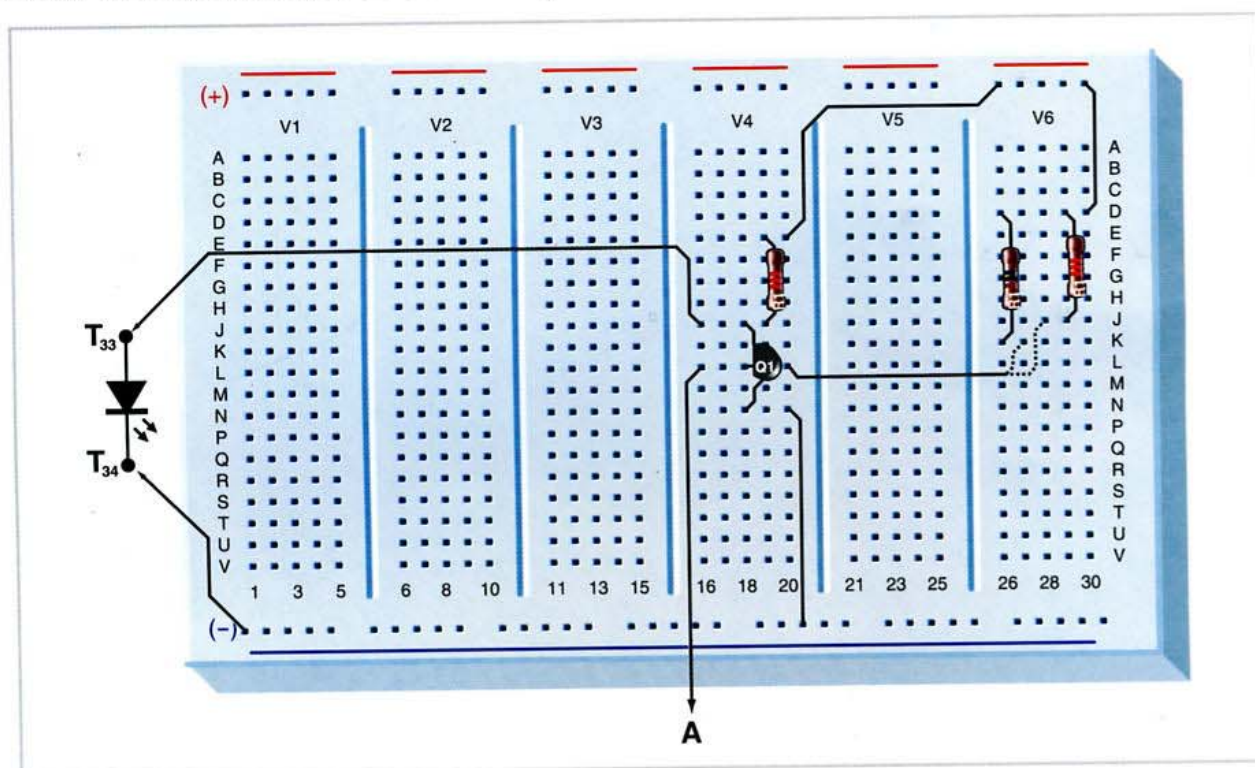
attacchiamo direttamente la base del transistor. In stato di riposo il transistor, avendo la sua base libera, è chiuso, per cui non circola corrente per il suo collettore e il diodo non si illumina.

Quando tocchiamo con il dito i due contatti, polarizziamo il transistor con una piccola corrente di base, che lo amplificherà, e si illuminerà il diodo LED intercalato nel circuito del collettore del transistor. Nel montaggio utilizziamo il diodo LED LD7 della nostra piastra di diodi di laboratorio, ma se ne potrebbe usare un altro qualsiasi.

Prove sperimentali

Poiché i nostri circuiti sono alimentati con pile, dobbiamo provvedere a ridurre il consumo al massimo, il che non deve andare in alcun modo a detrimento dell'efficienza del circuito. Detto in altro modo, è importante allungare la durata delle pile al massimo, senza che questo faccia deteriorare il circuito. Perciò dobbiamo dire che nel caso del montaggio (A), e soprattutto nel caso del montaggio (B), la resistenza R1 si può variare riducendo il suo valore, in modo che il LED brilli di più; questo non produce un miglioramento nel circuito, ma implica un maggior consumo e pertanto la riduzione della vita utile delle pile. Perciò raccomandiamo il contrario, cioé provare con valori di R2 maggiori, incluso R1, collocando, se serve, varie resistenze in serie.

Interruttore a sfioramento costruito con una porta NAND.

Il transistor in commutazione

Il transistor passa dalla non conduzione, "interdizione", alla conduzione massima, "saturazione"

Il transistor consta di tre zone di lavoro, e poiché dipende dalla funzione per la quale è stato progettato lo faremo lavorare in un modo o nell'altro. Quando il circuito si utilizza nei circuiti audio deve lavorare in zona attiva, poiché in questa si amplifica il segnale d'entrata con una certa garanzia, normalmente il segnale d'uscita mantiene la forma del segnale d'entrata. Abbiamo poi altre due zone di lavoro che si chiamano interdizione e saturazione, nelle quali il transistor funziona come un interruttore e che sono di grande utilità, soprattutto nell'elettronica digitale.

Interdizione

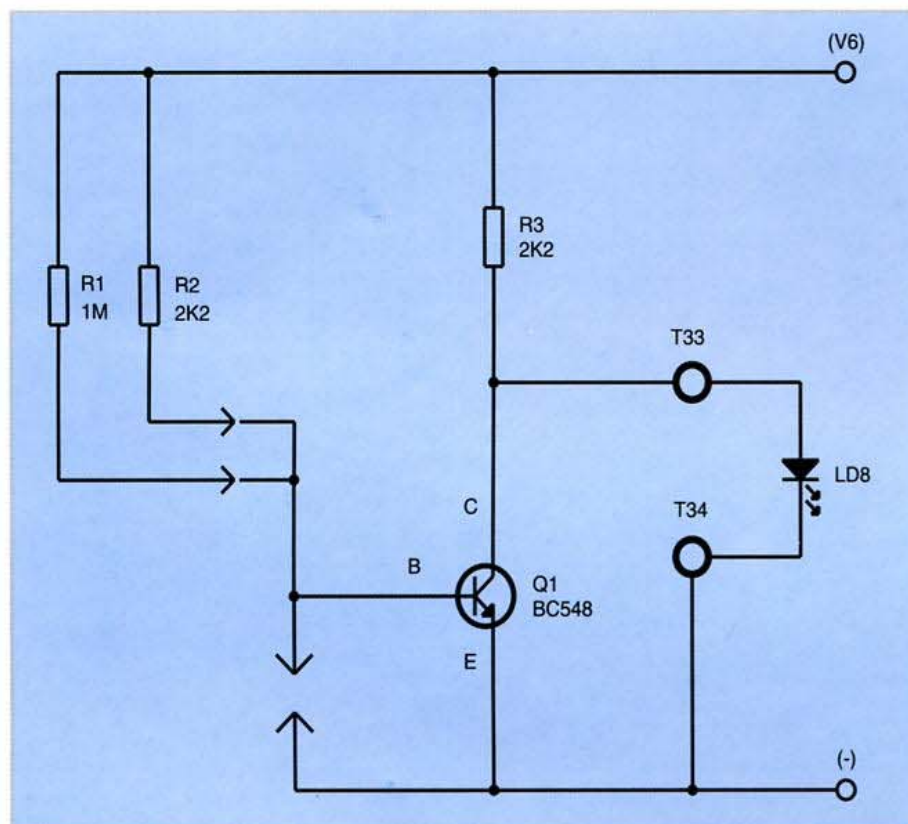
Teoricamente un transistor è in stato di interdizione quando le sue due unioni sono polarizzate all'inverso, e da un punto di vista più pratico, questo stato è caratterizzato dal fatto che la tensione di base è meno di 0,6 V di quella dell'emettitore perciò non circola corrente attraverso il collettore. Se misuriamo la tensione nel collettore sarà praticamente quella di alimentazione.

Possiamo verificare questo nel nostro circuito soltanto mettendo la base del transistor a massa (-) mediante un filo, in questo modo, non avendo polarizzato il transistor non circolerà corrente attraverso il collettore e poiché l'impedenza tra collettore/emettitore è molto elevata, avremo tutta la tensione fra loro e il diodo LED si illuminerà perfettamente. Lo stesso effetto si avrebbe se collegassimo soltanto la resistenza R3 e il diodo LED direttamente all'alimentazione, poiché il transistor, avendo un'impedenza tanto alta, è come se non fosse collegato. Lo stesso accadrebbe se lasciassimo la base libera e non polarizzassimo il transistor.

Il transistor in commutazione è come un interruttore

Saturazione

Quando siamo in zona attiva il transistor amplifica ogni variazione del segnale di entrata, producendo una variazione maggiore nell'uscita (effetto di amplificazione). Però il transistor ammette un limite di segnale d'entrata che, una volta superato, fa sì che il segnale di uscita non vari, poiché è al massimo. Quando lavoriamo in questa zona, dobbiamo avere la massima at-

Il transistor in commutazione

COMPONENTI

Circuito A	
R1	1M
R2,R3	2K2
Q1	BC548
LD8	

Realizziamo ora una verifica pratica della differenza fra gli stati di lavoro del transistor. Lavoreremo prima nella zona attiva, collocando nella base del transistor la resistenza R1, di 1M. In questa zona il transistor è polarizzato, e quindi circola corrente attraverso il suo collettore, in modo che fra collettore/emettitore esista una tensione che farà sì che il diodo LED si illumini un poco. Se adesso cambiamo la resistenza di base, dando a R2 un valore 2K2, avremo il transistor in saturazione, poiché circolerà una corrente molto elevata attraverso il suo collettore, quindi la tensione di collettore/emettitore sarà molto bassa, tra 0,2 e 0,6 V, in modo che il diodo LED non si illuminerà, poiché tutta la corrente circolerà nel transistor.

Alcuni consigli

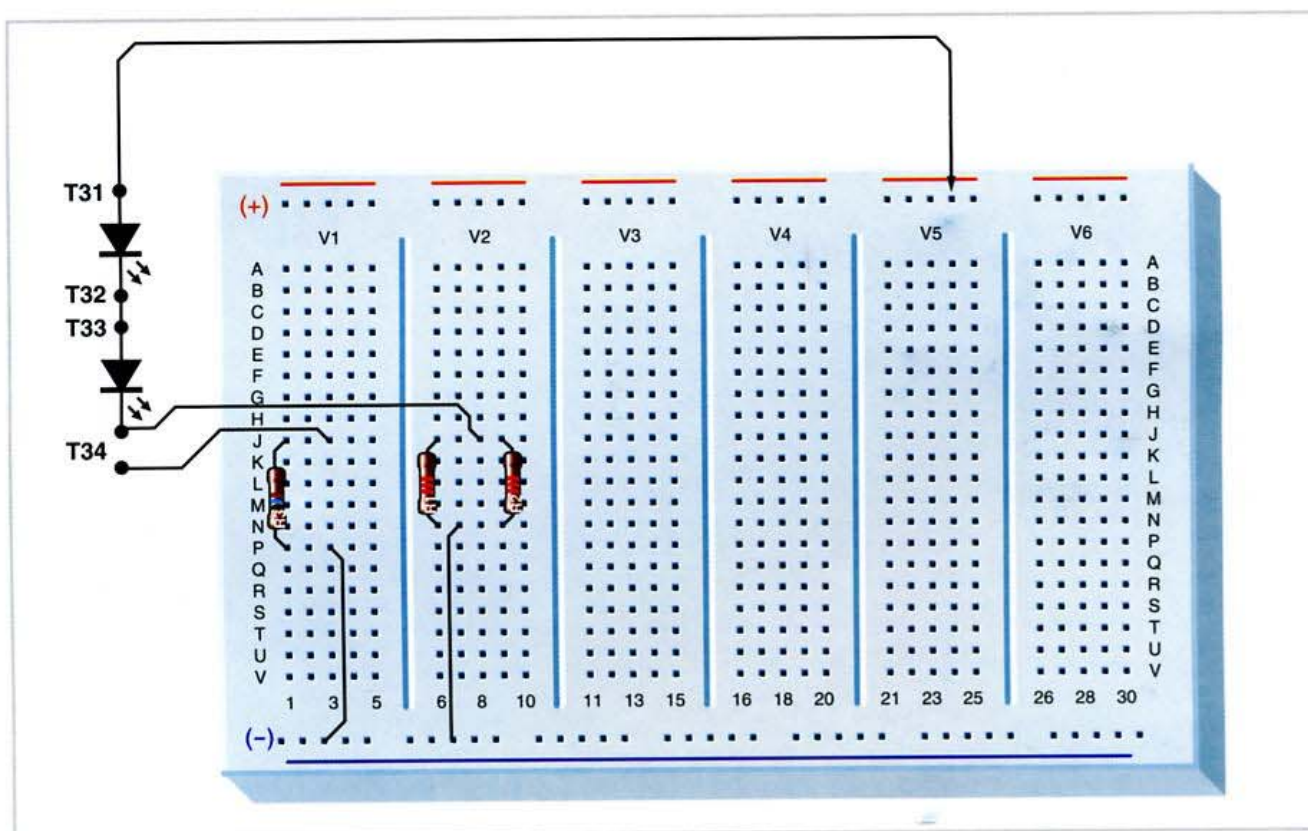
È molto importante tener conto di alcune considerazioni quando lavoriamo con transistor. Da un lato dobbiamo conoscere la tensione collettore/emettitore massima che sopportano, in modo che mai, in nessun caso, la tensione di alimentazione superi questa.

Dobbiamo anche fare molta attenzione alla corrente massima che il collettore sopporta e che non si deve superare, per questo dobbiamo calcolare bene la resistenza del collettore.

tenzione, poiché se non è ben calcolata la resistenza di carica, R3, possiamo distruggere il transistor superando la potenza massima che sopporta.

Montaggio realizzato per l'esperimento di verifica degli stati del transistor

Polarizzazione di diodi LED

Il diodo LED, un indicatore visivo robusto ed economico di uso molto diffuso.

Il primo concetto che bisogna avere molto chiaro è che perché un diodo LED s'illumini deve passare attraverso di esso una corrente, oltre ad essere polarizzato direttamente, come qualsiasi diodo. I diodi LED non si polarizzano con una tensione, si polarizzano con una corrente. Però perché circoli una corrente bisogna applicare una tensione; allo stesso modo, intercalando una resistenza nel circuito, si ottiene facilmente una determinata corrente. Queste sono nozioni basilari.

Resistenza limitatrice

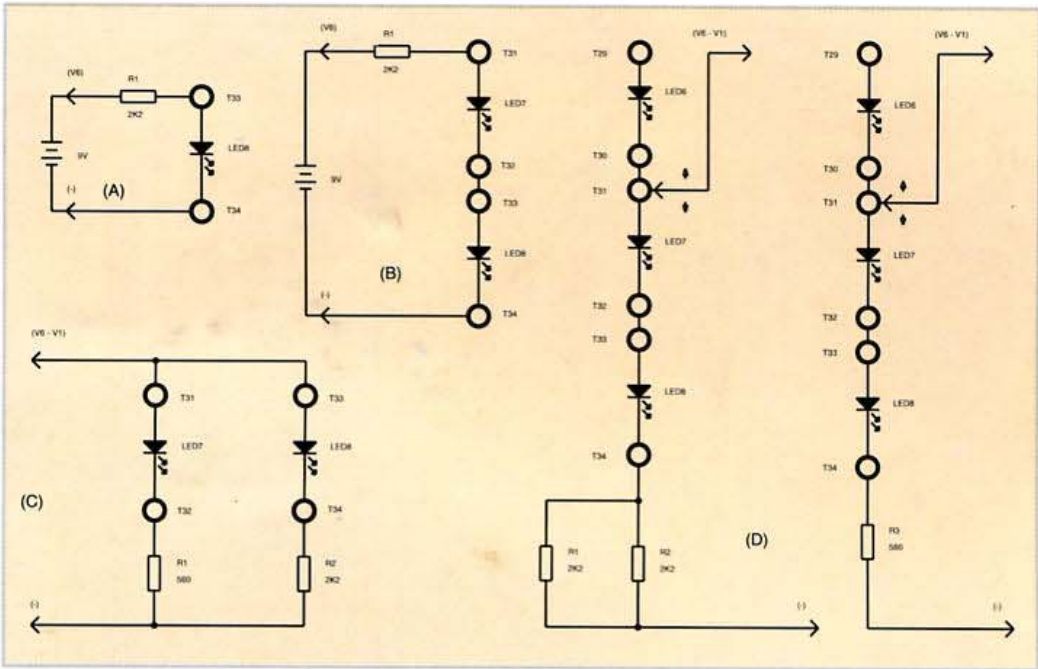
I diodi LED attuali sono di elevata luminosità e si illuminano con una corrente di 1 mA. Nei luoghi dove l'illuminazione ambientale è elevata, la corrente deve essere aumentata, normalmente si utilizzano 5 mA, benché la maggior parte dei modelli di 5 mm di diametro sopportino i 10 mA. Si deve anche considerare che se il funzionamento diventa intermittente richiama di più l'attenzione. Se osserviamo lo schema A, la corrente che circola attraverso la resistenza I si calcola dividendo 9-2 per il valore della resistenza, essendo 2 V la caduta di tensione nel LED; bisogna stabilire che, se la tensione della pila non supera le 2 V, non si può avere circolazione di corrente in senso diretto.

Nel circuito precedente, per una resistenza di 2K2 risulta una corrente di 3,18 mA; per 10K si ottengono 0,7 mA e, come potremo osservare, anche il LED si illumina, questo circuito si può verificare in laboratorio, inoltre si raccomanda di collegarlo a V6 (9 V) e continuare ad abbassare V5, V4, V3 fino a che non si ha l'illuminazione del diodo.

Collegamento in serie

Si raccomandano molto i collegamenti di diodi LED in serie, sempre che la tensione di alimentazione sia superiore alla caduta della tensione in questi LED, che, come si ricorderà, è approssimativamente di 2 V. Per permettere la circolazione di corrente, il collegamento deve essere realizzato nel modo giusto, in modo che la corrente che circola in tutti i diodi sia la stessa: vediamo l'esperimento corrispondente allo schema B. Applicando di nuovo la legge di Ohm si deduce che la corrente che circola per il circuito è uguale a 9-2-2 diviso per il valore della resistenza; per una

Calcolo facile e rapido

Polarizzazione di diodi LED

COMPONENTI

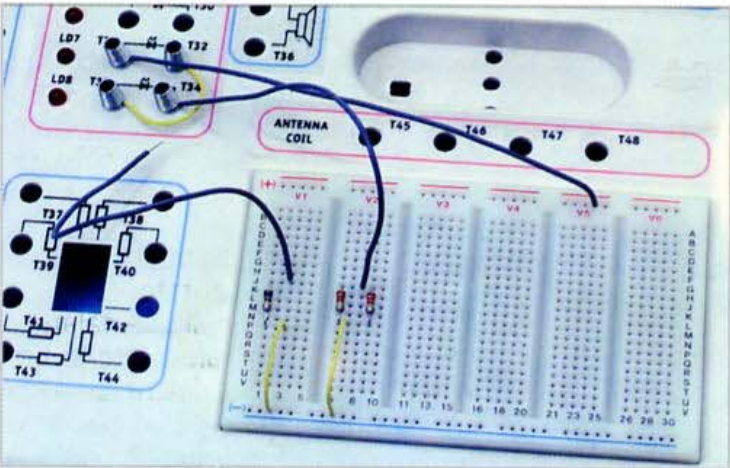
Circuito A:	
R1	**2K2**
LED8	
Circuito B:	
R1	**2K2**
LED7, LED8	
Circuito C:	
R1	**560 Ω**
R2	**2K2**
LED7, LED	
Circuito D:	
R1,R2	**2K2**
R3	**560 Ω**
LED6, LED7, LED8	

resistenza di 2K2 si ottiene 2,27 mA. La cosa più importante di questo calcolo è lasciare la tensione di alimentazione di 2 V per ogni LED collegato in serie, che possono essere vari, e non soltanto due.

Collegamento in parallelo

Per questo tipo di collegamento, ogni LED ha bisogno di una sua resistenza limitatrice, che si calcola individualmente, per cui si utilizza solo quando si vuole disporre di vari indicatori con una tensione di alimentazione ridotta e i diodi LED non possono essere collegati in serie. Se realizziamo un esperimento C e iniziamo collegando l'alimentazione a V1, vediamo che non si illumina, perché 1,5 V di alimentazione è inferiore a 2 V di caduta di tensione nel LED. Ciononostante, con 3 V (V2) si illuminano, di più quanto minore è la resistenza limitatrice; in questo modo la tensione di alimentazione può aumentare variando V3, V4, V5 e V6, verificando che ogni volta si illumina di più. Non è raccomandabile mantenerlo in questa ultima posizione, perché per qualche LED la corrente sopportata può essere eccessiva.

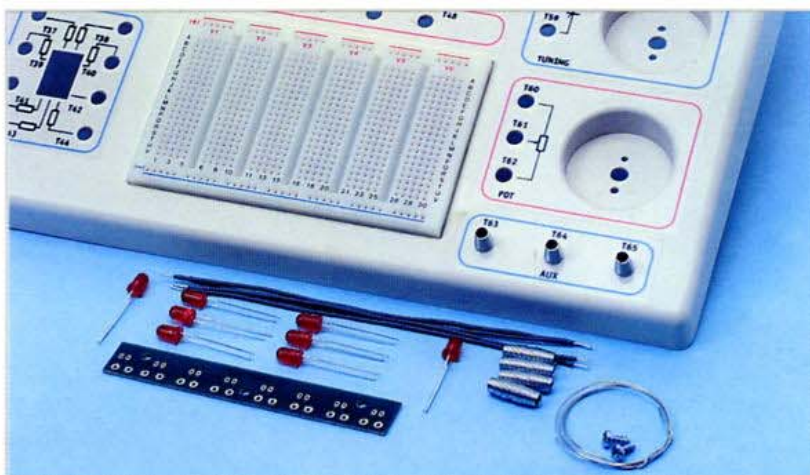
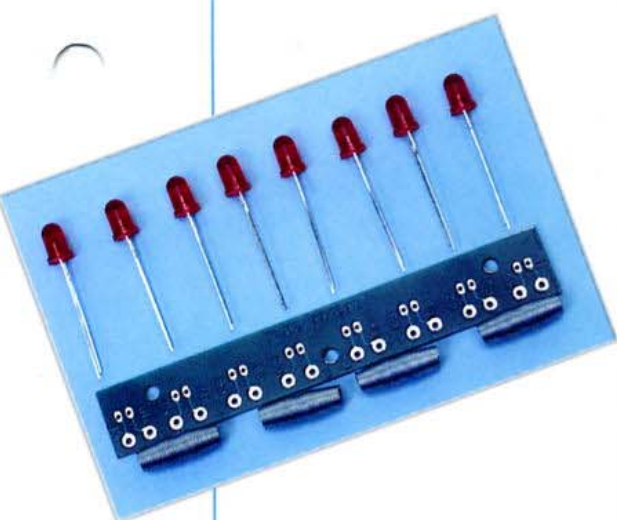
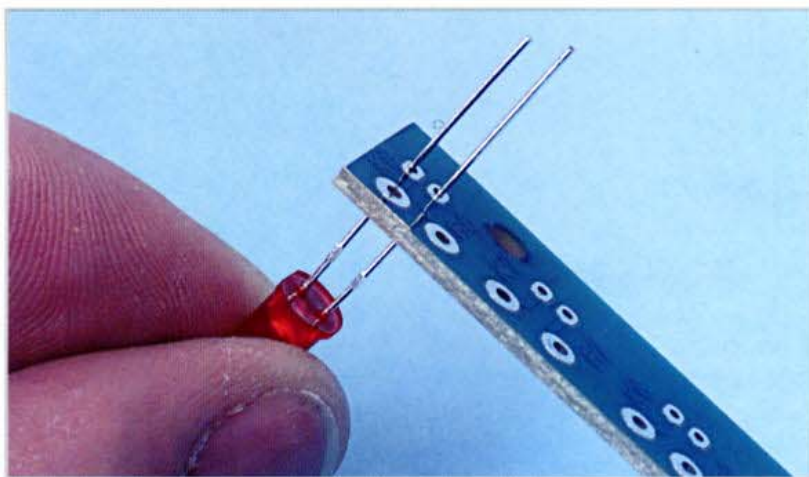
Esperimento D

L'utilizzo dei LED installati definitivamente facilita la realizzazione di tutti questi esperimenti. In questo esperimento disponiamo di una fila di tre LED, ognuna collegata in serie con le sue corrispondenti resistenti limitatrici, in un caso si tratta di una resistenza di 1K1 ottenuta dalla connessione in parallelo di due resistenze di 2K2; nell'altro è una resistenza di 560 Ω. L'estremo di ogni resistenza si collega al negativo dell'alimentazione attraverso i collegamenti (-) della piastra dei prototipi. L'altro estremo, segnato come T31, si collegherà, con un filo di collegamento, ai terminali V6, V5, V4, V3, V2 e V1, che corrispondono negativamente alle tensioni di 9V, 7,5 V, 6 V, 4,5 V, 3 V e 1,5 V, controlliamo a quali tensioni si illuminano i LED. Disponendo di più molle, potremo fare esperimenti con più LED collegandoli in serie.

Montaggio corrispondente all'esperimento D montato sul laboratorio

Supporto per otto diodi LED

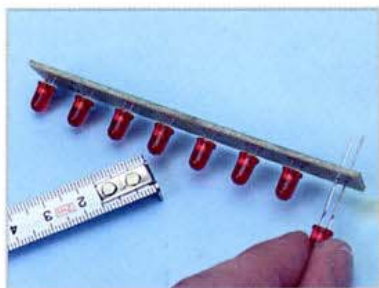
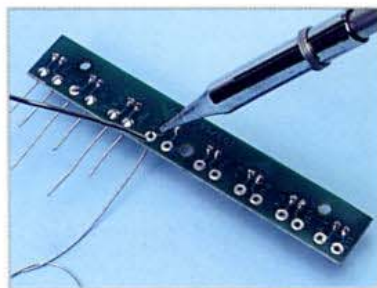
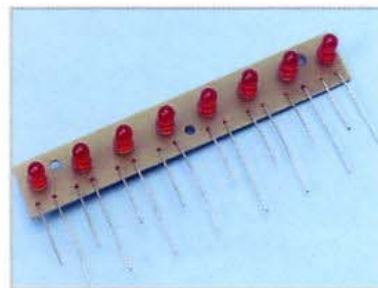
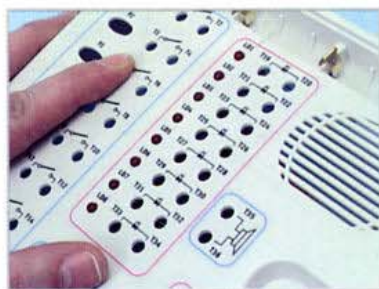
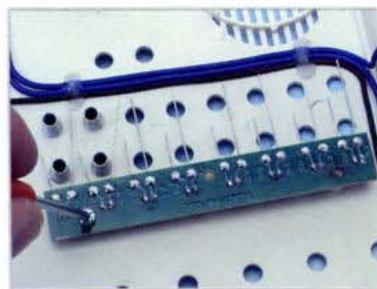
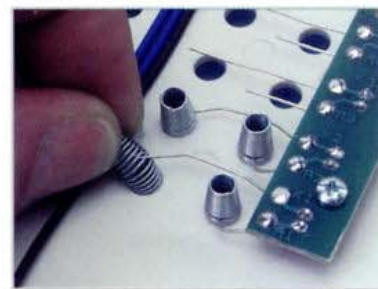
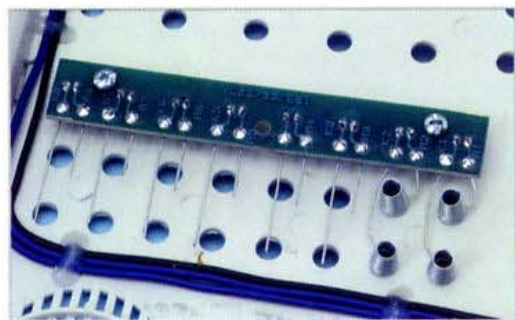
Otto indicatori luminosi con collegamento indipendente.

MATERIALI

1. Circuito stampato
2. Diodi LED rossi (8)
3. Viti (2)
4. Molle (4)
5. Filo nudo (40 cm)

1 La fila di otto diodi LED facilita l'inserimento di indicatori luminosi negli esperimenti. Hanno collegamenti indipendenti per permettere tutte le possibilità di collegamento. Fino ad ora abbiamo costruito 4 cavi di interconnessione di 15 cm, di colore grigio.

2 Il terminale del LED corrispondente al catodo si identifica per essere il più vicino alla parte piana della capsula, si può anche riconoscere perché è il più corto. Se si invertono i collegamenti, il LED non si illuminerà. Il primo LED è stato fornito nel primo numero.

Trucchi

Le molle si possono installare in qualsiasi momento, dato che sono necessarie soltanto dopo che abbiamo montato il circuito stampato. Si introduce ogni molla dall'esterno nella scanalatura corrispondente e una volta che fuoriesce dall'altro lato si tira dalla stessa parte, girando in senso antiorario, finche la zona centrale della molla, che è la più stretta, rimane incastrata nella scanalatura del pannello frontale. Non si deve tirare troppo la molla, perché si potrebbe deformare.

Supporto per otto diodi LED

3 Una volta che siamo sicuri del modo di collegare ogni LED, e non prima, introdurremo i terminali di ognuno di essi e li salderemo, lasciando una separazione fra il corpo di ogni LED e la piastra di circa 2 o 3 mm.

4 Si taglieranno otto pezzi di cavo nudo di 17 mm e altri otto di 33 mm. Quelli di minor lunghezza si saldano nel punto della piastra segnato con la lettera A, e i più lunghi in quelli segnati con la K.

5 Questo è l'aspetto che deve avere la piastra con i diodi LED. A questo punto bisogna verificare soprattutto l'orientamento dei LED secondo la loro polarità, fissandoli nella zona piana degli stessi, che segnala il catodo.

6 Il circuito si colloca all'interno della cassa, in modo che gli otto LED fuoriescano dagli otto fori corrispondenti. I collegamenti della piastra devono restare vicini alle molle di contatto da T19 a T34.

7 Si preme leggermente il circuito stampato perché fuoriescano i LED, fino ad arrivare alle colonne di fissaggio delle viti. Le viti si stringono dolcemente, finché la piastra rimane bloccata.

8 I collegamenti si fanno inclinando leggermente ogni molla e introducendo il filo nudo fra le due spire dello stesso. I collegamenti più lunghi devono essere curvati lievemente, per evitare di toccare altre molle.

9 Prima di continuare verificheremo che i collegamenti più vicini alla piastra escano dai terminali indicati con A e che i più lontani escano da quelli indicati con K.

10 L'apparecchio ha già un pannello di indicatori a LED, pertanto non è necessario metterli nella piastra.